



The CLEAN PAPER

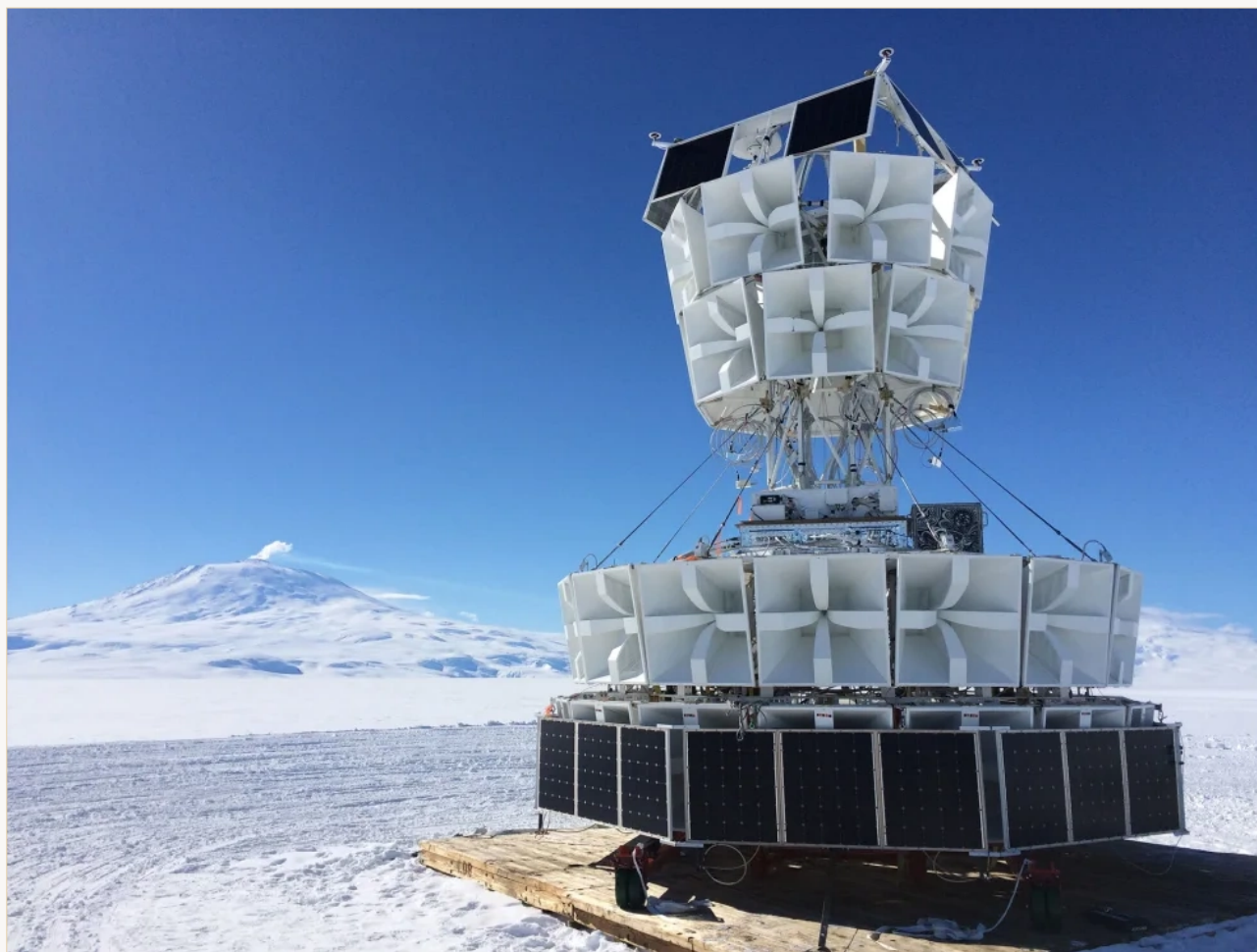
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Dva anomalna radioimpulsa iznad Antarktike i dalje su neobjašnjena — a objašnjenje „nove čestice” gubi uporište

Eksperiment na balonu iznad Antarktike prije je više godina zabilježio dva neobična radioimpulsa koja i dalje nemaju usuglašeno objašnjenje; ciljano pretraživanje Opservatorija Pierre Auger nije pronašlo tragove pljuskova kakve bi oni morali proizvesti, zbog čega je egzotično tumačenje „nove čestice” mnogo manje vjerojatno, dok anomalija ostaje neriješena.

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Search for the Anomalous Events Detected by ANITA Using the Pierre Auger Observatory*, Pierre Auger Collaboration, Physical Review Letters 134, 121003 (2025) · DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.121003](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003)



ANITA-inih 48 antena usmjereno je prema antarktičkom ledu na gondoli visokoj 25 stopa.

Christian Miki / University of Hawai'i at Mānoa fair-use assertion

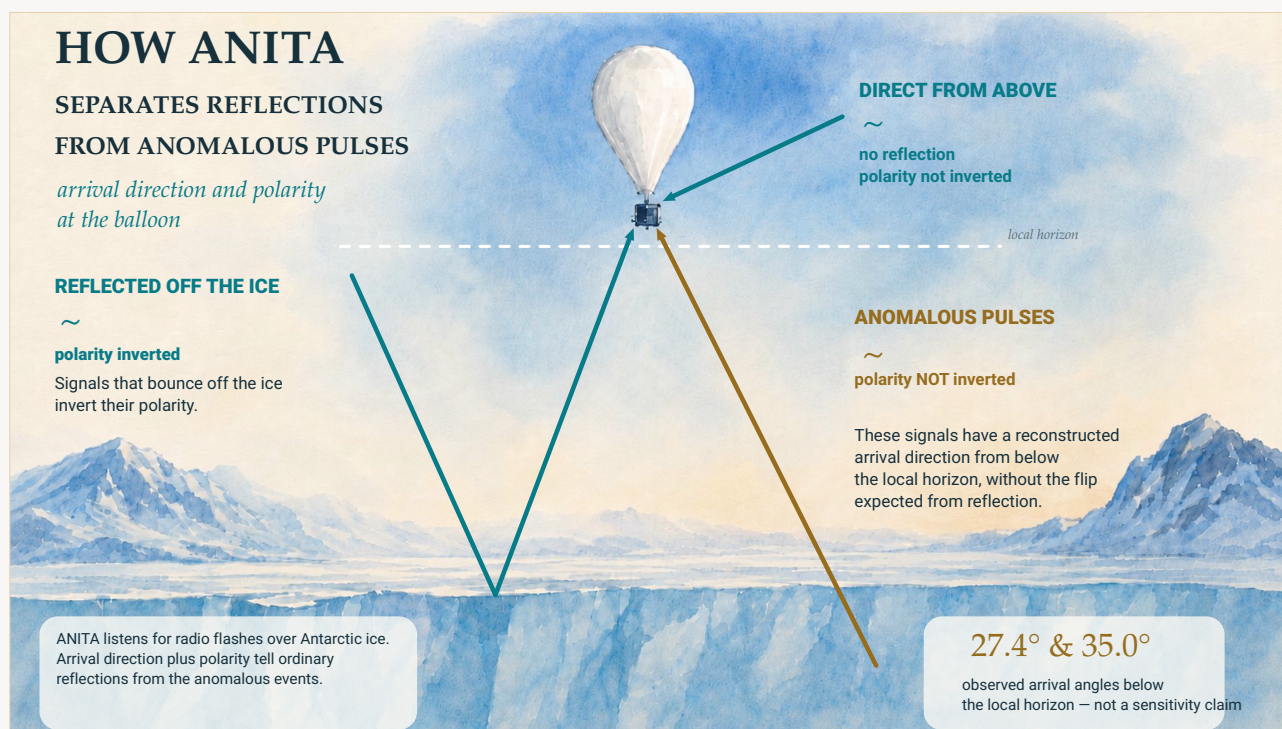
Balon, led i dva pulsa odozdo

Veći dio svojega radnog vijeka Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — visi ispod NASA-inog balona, tridesetak kilometara iznad tla, i tjednima pluta iznad najpustijeg mjesta na Zemlji, osluškajući.

Ono što osluškuje jesu radiosignali iz svemira. Kada čestica vrlo visoke energije — kozmička zraka ili neutrino — udari u zrak ili led, raspadne se u pljusak manjih čestica, a taj pljusak odašilje kratki bljesak radiovalova. Antarktika je gotovo idealna za njihovo hvatanje: kilometri čistog, hladnog leda kroz koji radiovalovi prolaze gotovo kao kroz staklo, i stotine kilometara bez ičega što bi zakrčilo signal. ANITA-in je zadatak uhvatiti te bljeskove i iz njihova oblika i vremena odrediti što ih je proizvelo.

Većina onoga što čuje ponaša se uredno. Neki bljeskovi stižu izravno odozdo. Mnogi drugi okrznu led i odbiju se natrag prema anteni — a pritom nose jasan znak: odraz preokreće val naopako (preokret *polariteta* signala), potpis koji fizičari mogu prepoznati na prvi pogled. Tako se odraz razlikuje od stvarnog signala.

Dvaput je stiglo nešto što je narušilo taj obrazac.



Na balonu puls koji stiže izravno odozgo dolazi nepreokrenut, dok reflektirani puls stiže s preokrenutim polaritetom — uobičajenim znakom odbijanja od leda. Dva anomalna pulsa, nasuprot tome, stižu iz *rekonstruiranog* smjera strmo ispod lokalnog horizonta — ali bez takvog preokreta, iako bi ih odraz preokrenuo. „Odozdo” opisuje taj smjer dolaska — a ne česticu koja izlazi iz Zemlje.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Na jednom letu 2006. i drugom 2014. ANITA je uhvatila puls iz strmog smjera *ispod* horizonta — redom 27.4° i 35.0° ispod njega — kao da je izašao iz kontinenta, bez ikakva preokreta. Dakle, nije riječ o odrazu. Nešto je doista putovalo prema gore, iz leda prema balonu.

Evo zašto je to gotovo skandalozno. Da bi do antene stiglo pod tako strmim uzlaznim kutom, što god da je proizvelo puls moralo je proći kroz tijelo planeta — šest ili sedam tisuća kilometara čvrste stijene. Gotovo ništa to ne može. Jedina poznata čestica koja prolazi kroz običnu tvar kao da je gotovo nema jest neutrino, koji prolazi kroz cijelu Zemlju a da to gotovo i ne primijeti — pa je prirodna ideja da je neutrino putovao kroz stijenu, udario u atom neposredno ispod leda i proizveo pljusak čestica koje jure prema gore, čiji je radiobljesak ANITA uhvatila. Problem je u jednom zaokretu: neutrino dovoljno energičan da proizvede *ovaj* signal zapravo je previše lako zaustaviti. Kroz toliku stijenu trebao bi biti apsorbiran mnogo puta. A tok dovoljno snažan da su dva neutrina ipak prošla trebao se pojaviti u golemim detektorima izgrađenima upravo za njegovo hvatanje. Nijedno uredno objašnjenje nije sasvim zatvorilo priču.

Tako su dva pulsa ostala tu i odbijala se ponašati kako treba. Nije to otkriće — dva događaja nikada nisu otkriće — ali nije ni ništa. Prava anomalija: vrsta pojave koja je zanimljiva upravo zato što nitko još nije mogao reći je li riječ o pukotini u Standardnom modelu fizike ili tek o neobičnosti leda, antene ili računanja.

Tu određena vrsta izvještavanja poseže za riječju *misteriozno*, prigušuje svjetla i pita se što bi moglo živjeti ispod Antarktike. Oduprite se tome. Pravo pitanje nikada nije bilo *koje čudovište živi u ledu*. Bilo je to strpljivo, neugledno pitanje koje znanost zapravo pokreće naprijed: **kako biste to otkrili?**

Što su autori učinili

Postoji jednostavan način za provjeru uzbudljivih objašnjenja. Ako ANITA-ini pulsevi potječu od stvarnog, ponavljajućeg toka pljuskova koji se kreću prema gore — bilo od običnih tau-neutrina ili od neke predložene nove čestice — dovoljno velik detektor koji promatra upravo takve događaje trebao bi uhvatiti dio njih.

Opservatorij Pierre Auger u Argentini — najveći ikad izgrađeni detektor kozmičkih zraka — dobro je postavljen za takvu potragu. Koristeći svoj fluorescencijski detektor, suradnja je tražila uzlazne atmosferske pljuskove čestice (koji dolaze odozdo, pod zenitnim kutovima većima od 110° i s energijama iznad 0.1 EeV) u podacima koji obuhvaćaju razdoblje od 2004. do 2018. Ključno je da je cjelokupni odabir bio fiksiran *prije* pregleda potpunog skupa podataka — riječ je o „slijepoj” analizi, pa se odgovor nije mogao prilagođavati priželjkivanom rezultatu.

Što su pronašli

Nakon otvaranja podataka preživio je **jedan** kandidat — u potpunosti u skladu s očekivanih 0.27 ± 0.12 događaja koji nastaju kada se obične kozmičke zrake povremeno pogrešno rekonstruiraju kao pljuskovi koji se kreću prema gore. Drugim riječima, nije bilo stvarnog signala koji se kreće prema gore; samo očekivani slabašni pozadinski tok.

Snaga rezultata leži u usporedbi. Da su ANITA-ini pulsevi potjecali od stalnog toka pljuskova koji se kreću prema gore, Auger bi zabilježio **mnogo** takvih događaja — otprilike 34 do 69 za jedan prihvatljiv spektar energija, a najmanje oko 8 čak i pod namjerno konzervativnim pretpostavkama. Pronađen je jedan, u skladu s pozadinom. Autori to opisuju kao „snažno neslaganje” s tumačenjem pljuskova koji se kreću prema gore.

Što to vjerojatno znači

Negativan rezultat ove veličine informativan je. Da su ANITA-ini događaji potjecali od stvarne populacije čestica koje stižu iz tih smjerova — običnih tau-neutrina ili hipotetskih novih čestica predloženih da ih objasne — Augerovo dugo vrijeme opažanja trebalo je uhvatiti znatan broj takvih događaja. Nije ih. To praktički isključuje objašnjenje „difuznog toka pljuskova koji se kreću prema gore” — kategoriju u koju spada većina ideja izvan Standardnog modela — osim uz vrlo umjetno konstruirane posebne uvjete.

Preostaju objašnjenja koja *ne uključuju* tok čestica koje stvaraju pljuskove: najčešće razmatrano jest odbijanje ili učinak širenja povezan s ledom i geometrijom u blizini horizonta, odnosno instrumentalni ili analitički artefakt. Nijedno nije potvrđeno. Stoga je pošten sažetak sljedeći: najuzbudljivije je tumačenje upravo pretrpjelo ozbiljan udarac, a uzrok je i dalje nepoznat.

Što ovo *ne* dokazuje

- Ne utvrđuje **što** su ta dva pulsa. „Snažno dovodi u pitanje novu fiziku” nije isto što i „riješeno”.
- Ne potvrđuje običan uzrok. Vodeća hipoteza — odrazi iz prostora ispod antarktičke površine — i dalje je hipoteza, a ne rezultat.
- Ne otkriva ništa što doslovno dolazi „ispod leda”. ANITA-ine antene vise s balona *iznad* Antarktike; „odozdo” opisuje rekonstruirani smjer dolaska radiopulsa — a ne zvuk, glas ili bilo što što izlazi iz unutrašnjosti leda.
- Ne podupire tvrdnje o potvrđenoj novoj čestici. Najraširenija verzija ove priče pokazuje u suprotnom smjeru od dokaza.

Koliko su snažni dokazi?

Skromno, i tako ih treba i opisati.

- Interes za fiziku izvan Standardnog modela počiva u biti na **dva** događaja, s dva ANITA-ina leta.
- Ovaj je rad **negativan rezultat**: snažan za isključivanje mogućnosti, ali ne može reći što događaji *jesu*.
- Isključenje je kvantitativno i snažno (očekivani su deseci događaja, a viđen je jedan događaj nalik pozadini) — ali cilja tumačenje „toka pljuskova koji se kreću prema gore”, a ne svaki zamislivi uzrok.
- Vodeće svakodnevno objašnjenje (odraz blizu površine) jest plauzibilno, ali nedokazano; neke su druge mogućnosti (određeni modeli prijelaznog zračenja) drugim radovima dovedene u pitanje.
- Nijedan eksperiment nije neovisno ponovio izvornu anomaliju.

Ovo je snažno ograničenje postavljeno povrh male, uporne zagonetke — a ne otkriće.

Zašto je to važno

Predložena objašnjenja sezala su sve do egzotičnih novih čestica. Umjesto da slijedi ono najuzbudljivije, područje je učinilo ono neugledno: provjerilo je ideju neovisnim, mnogo većim detektorom — a podaci su rekli ne. Veći i osjetljiviji nasljednik instrumenta, PUEO, gradi se kako bi ponovno tražio takve pojave.

Anomalija bi se na kraju ipak mogla pokazati običnom. To je ne bi učinilo neuspjehom. Sužavanje neobjašnjenog mjerenja sve dok se ono ne raspline ili ne prisili na stvarno otkriće *jest* znanstveni rad — i vrijedi ga pratiti upravo zato što je pošten odgovor zasad još uvijek: „ne znamo”.

Ukratko

Čini se da dva radiopulsa s ANITA-inih antarktičkih balonskih letova 2006. i 2014. dolaze iz strmih kutova ispod horizonta, što Standardni model teško objašnjava. Namjenska pretraga podacima Opservatorija Pierre Auger iz 2025. pronašla je samo jedan kandidatni događaj, u skladu s pozadinom, dok bi ih se očekivalo na desetke da su pulsevi potjecali od toka pljuskova koji se kreću prema gore. To snažno dovodi u pitanje egzotično tumačenje „nove čestice” i upućuje na učinak odbijanja, širenja ili instrumentalni učinak specifičan za ANITU — ali uzrok je i dalje doista nepoznat. Nije riječ o potvrđenoj novoj čestici ni o misterioznom signalu iz unutrašnjosti leda.

Provjera bez uljepšavanja

Što rad pokazuje: Slijepa pretraga podacima Opservatorija Pierre Auger (2004–2018) za uzlaznim atmosferskim pljuskovima čestica pronašla je jednog kandidata, u skladu s očekivanom pozadinom kozmičkih zraka od 0.27 događaja. Da su ANITA-ine anomalije potjecale od toka takvih pljuskova, Auger bi trebao vidjeti otprilike 34–69 događaja (ili najmanje ~8 pod konzervativnim pretpostavkama). To snažno dovodi u pitanje tumačenje pljuskova koji se kreću prema gore, uključujući scenarije „novih čestica” izvan Standardnog modela.

Što je plauzibilno, ali nije dokazano: Učinak odbijanja ili širenja radiovalova u blizini leda i horizonta, odnosno instrumentalni ili analitički artefakt specifičan za ANITU.

Što rad ne pokazuje: Da su događaje uzrokovale nove čestice; da su to signali ispod leda; da su uključeni bilo kakvi paranormalni, umjetni ili čujni fenomeni; da je uzrok sada poznat.

Glavna ograničenja: Interes za fiziku izvan Standardnog modela počiva na otprilike **dva** događaja; riječ je o negativnom rezultatu koji postavlja ograničenja, ali ne može identificirati uzrok; isključenje se konkretno odnosi na tumačenje „toka pljuskova”; nema neovisne reprodukcije izvorne anomalije.

Koliko povjerenja treba imati opći čitatelj? Visoko povjerenje da ovo *nije* potvrđena nova čestica i *nije* signal iz unutrašnjosti leda te da je tumačenje egzotičnim tokom sada snažno dovedeno u pitanje. Nisko povjerenje u pravi uzrok, koji i dalje ostaje otvoren. Primjeren stav: znatiželja prema neriješenoj anomaliji koja je najvjerojatnije obična.

Izvori

Phys. Rev. Lett. 134, 121003 (2025)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003>

Original ANITA-I event (Gorham et al. 2016)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071101>

Original ANITA-III event (Gorham et al. 2018)

<https://arxiv.org/abs/1803.05088>

Subsurface-reflection explanation (Shoemaker et al. 2020)

<https://arxiv.org/abs/1905.02846>

PUEO successor instrument — white paper (2021)

<https://arxiv.org/abs/2010.02892>